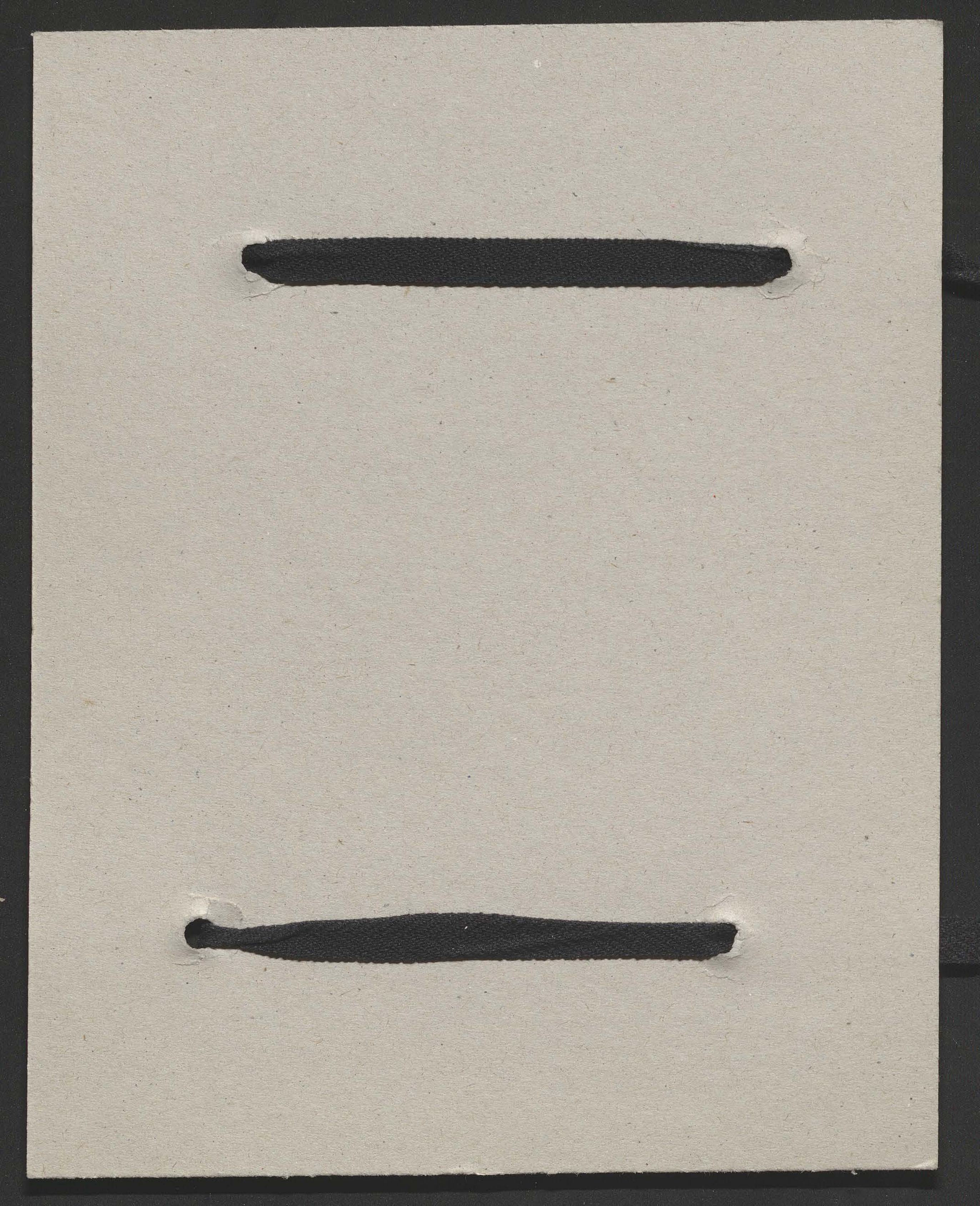




IW

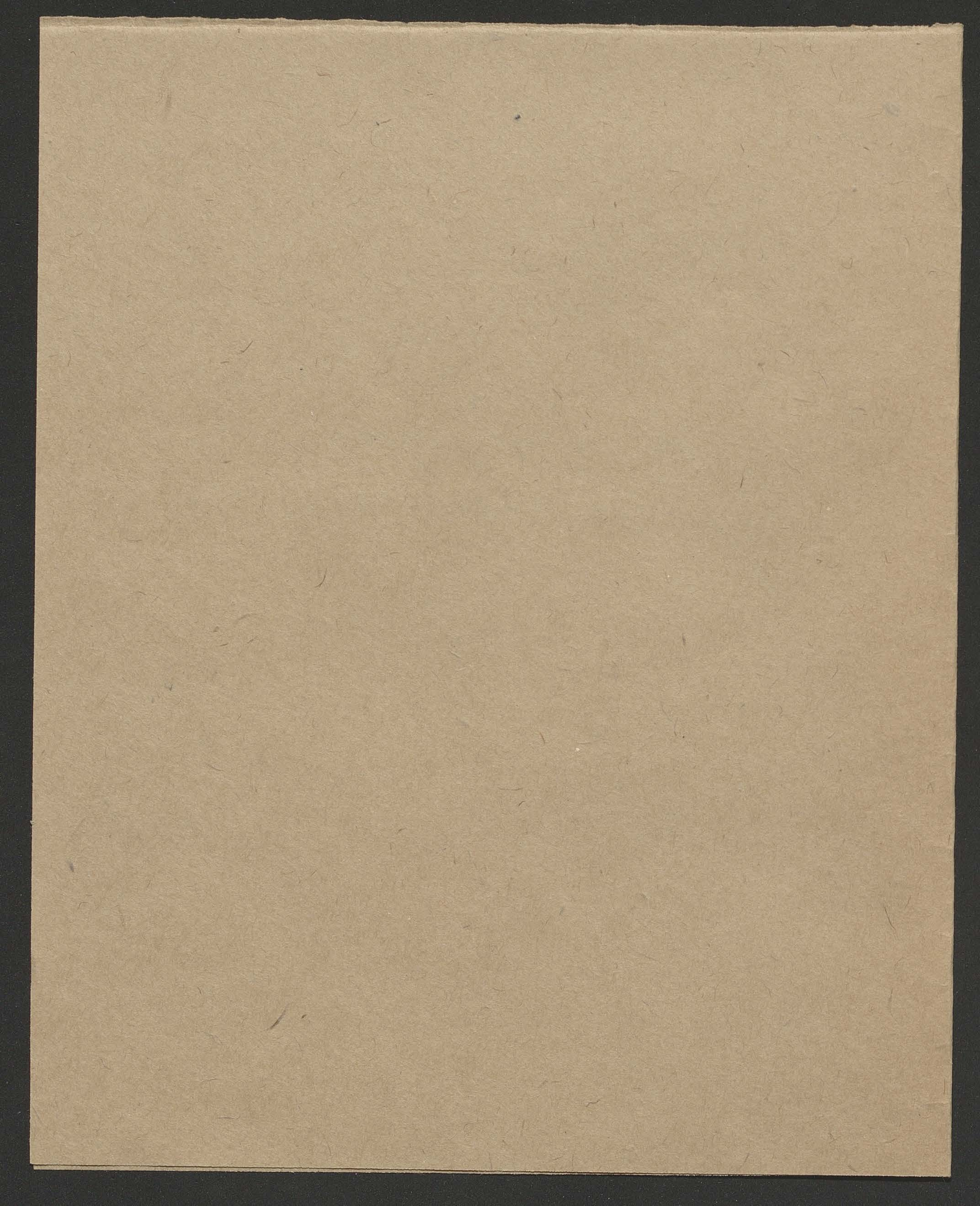






M. Smoluchowski

Über den Temperatursprung.



Vortrag im Volksbildungs Verein

5/III 1899

Bisher linear ausgedehnte Körper: Saiten, Luftsäulen

Nun flächenförmige: Schwing. Platten

hängen ab von Größe und Material

Töne durch Anschlagen und Anstreichen, unharmonische Obertöne, Cinellen (Becken)

Klangfiguren, Knoten bei Kautschukblech, hier Knotenlinien

runde, □, ▭ mit Stab, excentrisch; Chladni, Theorie!

Glocken sind eigentlich dasselbe; Weingläser, Ton wird erniedrigt durch Wasser weil Masse vergrößert

Schlagen und Streichen, Töne hängen ab von Größe etc.

Reinheit von Gleichmäßigkeit der Substanz, Wanddicke etc.

Glockenspiele

Glockengießen große Pummerin 500 Centner

Gesprungene Glocken, Töpfe ||| Gläser mit Wasser, Theeschale

Gespannte Membranen, keine eigene Elasticität gegen Formänderung, müssen gespannt werden durch äussere Kräfte; Papier Membran ~~brum~~ brum, Trommel, Pauken, (müssen gestimmt werden)

Kautschukstreifen — Saiten für sich schwacher Ton

Mitschwingen: Resonanzboden bei Monochord, Stimmgabel, Violine (Stradivari)

Klavier, (Spannungsschnitt Zither) Saiten können gewechselt werden, dagegen Violine vermögen nicht

Diese setzen eine größere Luftmasse in Beweg.

Dagegen Resonanz auf bestimmte Töne bei Körpern, welche selbst einen deutlichen starken Ton geben; abhüpfender Reiter von Saiten

Unterschied gegen mitschwingende Membranen (Telephon, Phonograph)

mitschwingende Stimmgabeln; Übertrag. kann sogar durch Luft statt Boden

merkwürdig weil so große Masse; Knabe welcher Glocke ins Schwingen bringt

Trampolin, Schaukel; ~~Alarm~~ sympathisches Pendel; klirrende Fenster

Resonanz von Luftsäulen

Glocke mit Resonanzröhre, Stimmgabel mit Resonanzröhre Pfeife

Resonatoren von Helmholtz; Dasselbe ist eigentlich auch bei Pfeifen etc. der Fall / Auch im Ohr, Mechanismus des Hörens, Membrana basilaris

Über den Temperatursprung bei Wärmeleitung in Gasen.

von

Dr. Marian R. v. Smoluchowski.

Hochverehrte Anwesende!

Ich möchte mir gestatten, Ihnen einen kurzen zusammenfassenden Überblick der Untersuchungen über den Temperatursprung bei Wärmeleitung in Gasen zu geben, mit denen ich mich seit einiger Zeit beschäftigt habe, da mir diese Erscheinung namentlich im Hinblicke auf die jetzt immer wieder auftauchende Streitfrage über Werth oder Werthlosigkeit der Atomistik von besonderem Interesse scheint. Dieses Phänomen ist nämlich infolge molecular-theoretischer Erwägungen gefunden worden und scheint mir auch ganz unverständlich zu sein, wenn man die kinetische Gastheorie verwirft; es gehört eben zu jenen, bei welchen die Structur der Materie, man könnte sagen: deren Grobkörnigkeit hervortritt; die kinetische Gastheorie erklärt es aber auf ganz einfache Weise und lässt auch noch andere merkwürdige Erscheinungen voraussehen.

Der Begriff des Temperatursprunges ist, analytisch formulirt, schon von Poisson in seiner bekannten Grenzbedingung für die Wärmeleitung

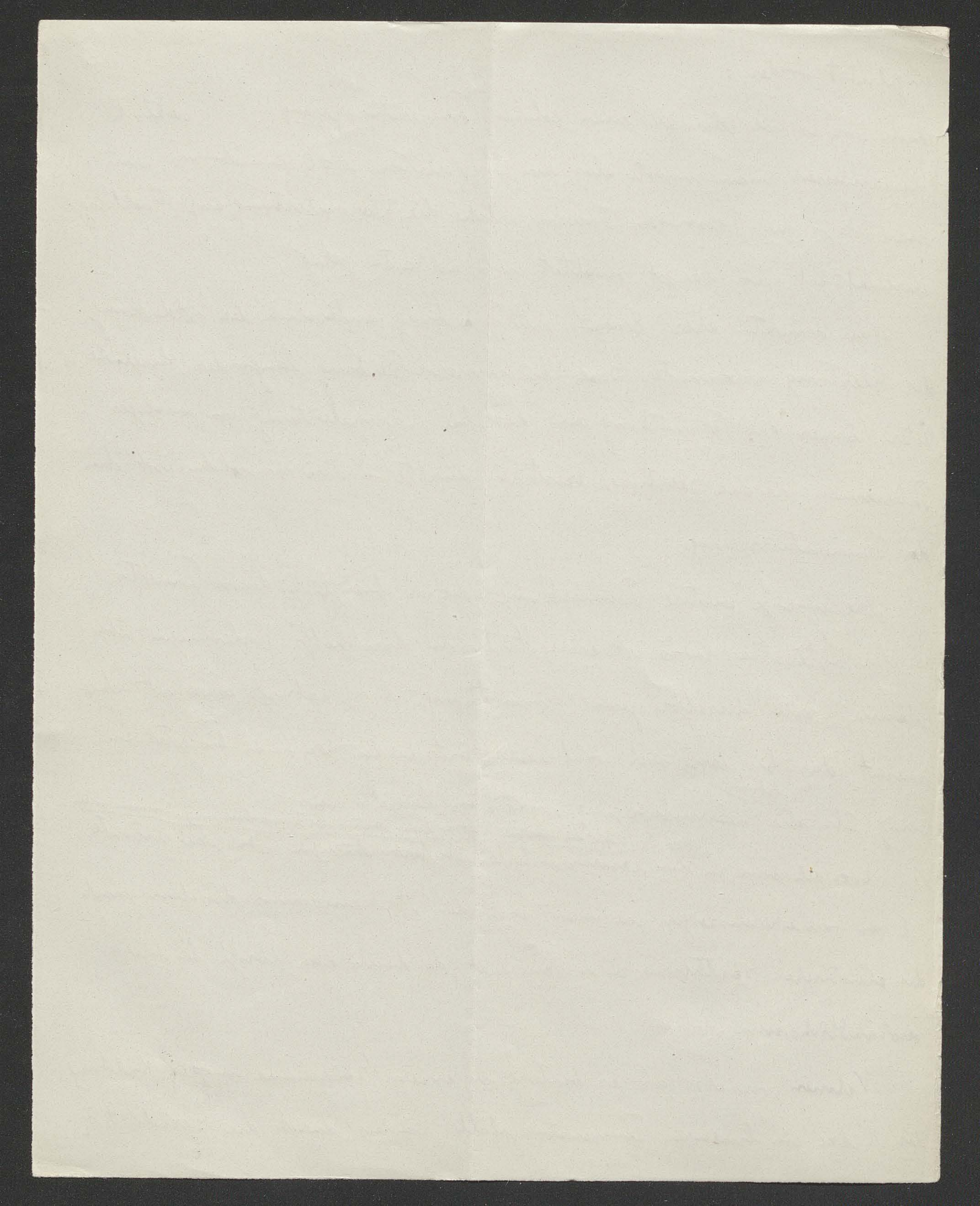
eingeführt worden:
doch war es nie gelungen einen solchen Temperatursprung wirklich nachzuweisen, man musste also den Coefficienten $\gamma = 0$ annehmen, und dazu ist ja die Poisson'sche Theorie, welche die Wärmeleitung auf Strahlung zurückführt, schon längst veraltet und ad acta gelegt.

Nun drückten aber Kundt und Warburg anlässlich der Entdeckung der Gleitung verdünnter Gase bei innerer Reibung längs der Oberfläche fester Körper die Vermuthung aus, dass bei Wärmeleitung ein analoges Phänomen wie die Gleitung existiren dürfte – und ein solches ist eben der Temperatursprung.

Die einzige weitere Bemerkung, die ich bezüglich dieses Punktes in der Literatur fand, ist eine Stelle in Kirchhoff's Vorlesungen über Wärme, worin derselbe jene Vermuthung K.-Warburg's erwähnt, aber meint, darüber lasse sich wohl nichts entscheiden, da man bis jetzt zu wenig über die Art der Wärmebewegung in festen Körpern weiss.

Bevor ich nun zu den experimentellen Untersuchungen, welche die thatsächliche Existenz des Temperatursprunges beweisen sollen, übergehe, möchte ich von vorneherein zeigen, wie man sich den Mechanismus desselben nach der kinetischen Gastheorie zu denken hat, da dann das Übrige leichter verständlich sein wird.

Nehmen wir also an es bestehe in einem Gasraume in der Richtung der X Axe ein lineares Temperaturgefälle, welches durch die Gerade $\theta_1 \theta_2$

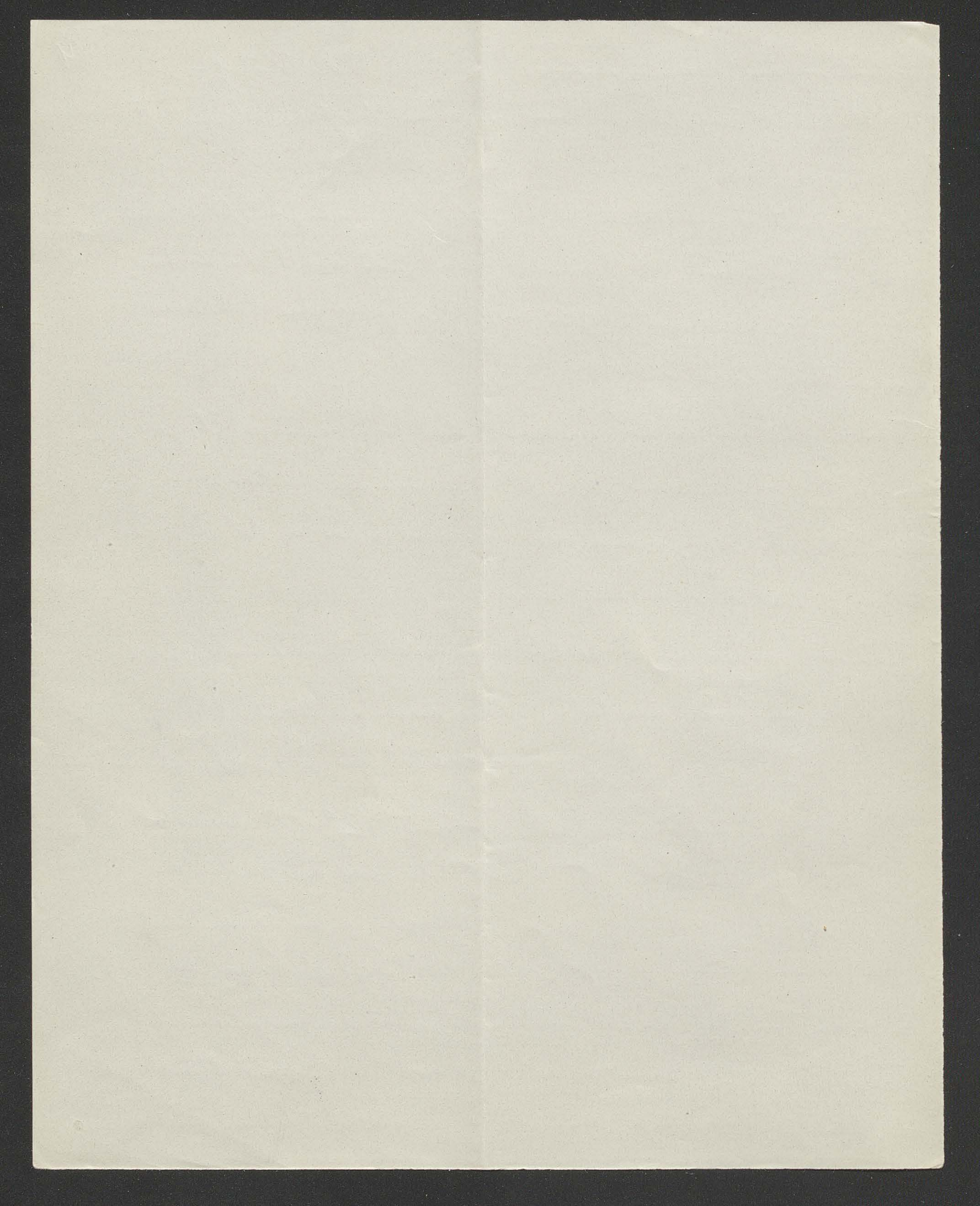


Vermuthung aus, dass ein ~~ähnliches~~ analoges Phänomen wie die Gleitung — und das ist eben der Temperatursprung ~~[illegible]~~ bei Wärmeleitung ~~[illegible]~~ existiren dürfte.

Die einzige weitere Bemerkung, die ich bezüglich dieses Punktes in der Literatur fand, ist ein Absatz in Kirchhoffs Vorlesungen über Wärme, worin er ~~[illegible]~~ jene Vermuthung K.-Warburgs erwähnt und meint darüber lasse sich wohl nichts aussagen, da man bis jetzt zu wenig über die Wärmebewegung fester Körper weiss.

Bevor ich nun zu den experimentellen Untersuchungen übergehe, möchte ich von vorneherein zeigen, wie man sich den Mechanismus dieses Temperatursprunges nach der Gastheorie zu denken hat, da dann das Übrige leichter verständlich sein wird.

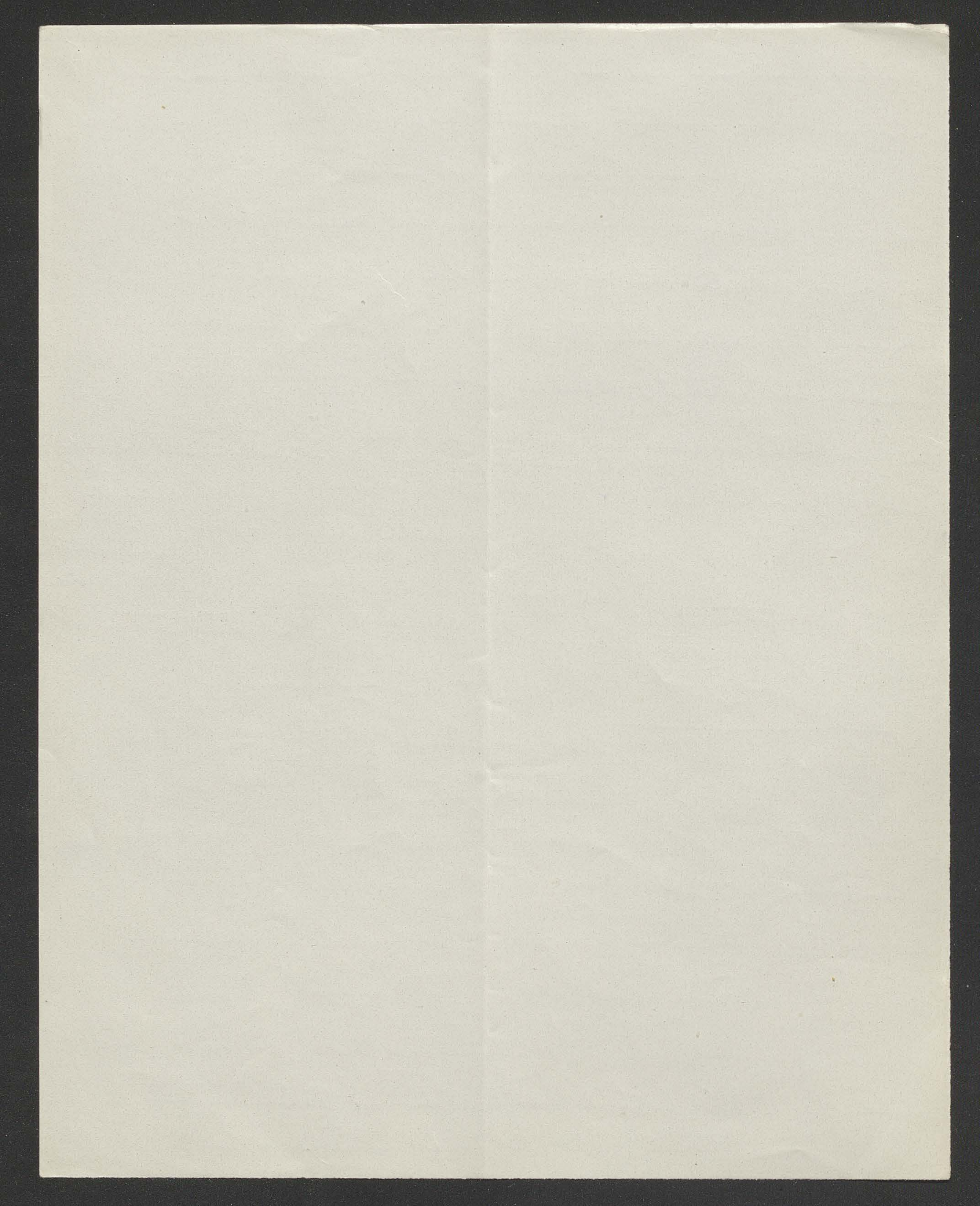
Nehmen wir also an es bestehe in einem Gasraume in der Richtg. der X Axe ein lineares Temperaturgefälle, welches durch die Gerade ~~[illegible]~~ $\theta_1 \theta_2$ repräsentirt wird, so dass also z.B. im Punkte P die Temperatur θ herrscht. Das heisst nach der kinetischen Gastheorie: in ein Volumelement an der Stelle P kommen von der linken Seite her (punktirt) kältere, d.h. langsamere, von rechts her (ausgezogen) aber wärmere Molecüle (d.h. raschere) hinein, so dass ihre Temperatur (Geschwindigkeit) im Mittel gerade θ beträgt. Nun ersetzen wir aber plötzlich den ganzen



Hohlraum rechts von P durch einen festen Körper welcher gerade die Temperatur θ hat. (Nach der nicht kinetischen Wärmeleitungstheorie sollte dies nichts ändern).

Nun kommen in das unendlich benachbarte Volumelement von links her noch immer dieselben kälteren Moleküle wie vorher, von rechts her aber nur die von der festen Wand reflectirten Moleküle, welche jetzt höchstens die Temperatur θ der Wand haben können. Daher ist die mittlere Temperatur dieser Moleküle kleiner wie früher, daher muss die Temperatur der unmittelbar der Wand anliegenden Schichte sinken bis sich ein Gleichgewichtszustand herstellt, d.h. es entsteht ein Temperatursprung, der noch dadurch vermehrt wird, dass die Moleküle nicht schon bei einmaligem Anprallen an die Wand vollständig deren Temperatur annehmen werden. Populär kann man auch sagen: die Wärmeleitung beruht auf der Übertragung der Energie durch die Molecularbewegung, in der Nähe der festen Wand ist aber die Beweglichkeit der Moleküle vermindert, daher das Wärmeleitungsfähigkeit verringert, daher muss das Temperaturgefälle steigen, damit ein stationärer Zustand sich herstellt.

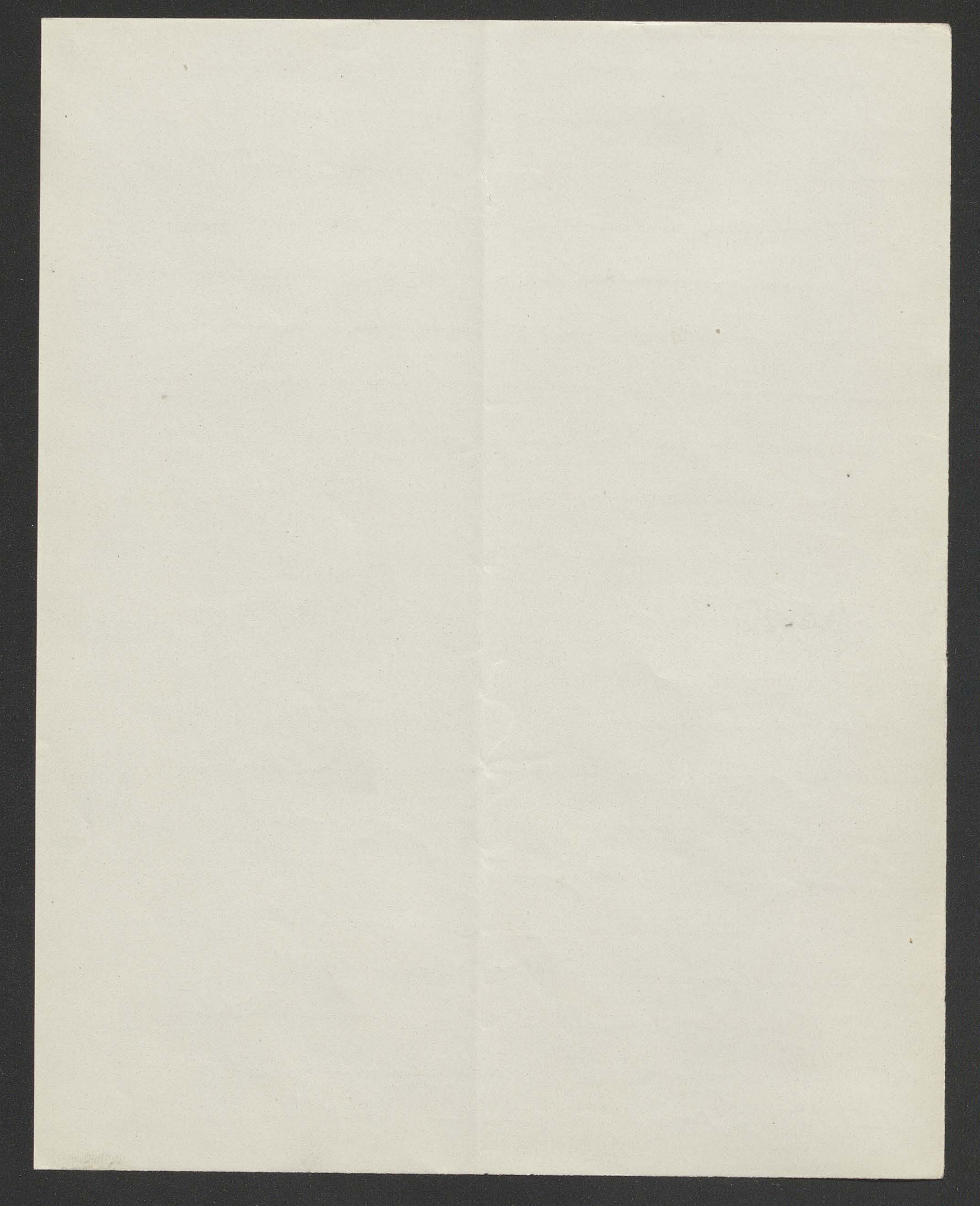
Man kann sich auch schon durch derartige Überlegungen klar machen, dass der Temperatursprung proportional dem Producte aus dem Temperaturgefälle $\frac{d\theta}{dx}$ und aus der mittleren Weglänge λ sein wird. Dasselbe ergibt die Berechnung nach der kinetischen Gastheorie, welche ich auf Grund ~~nach den~~ beider bisher benützten ~~Grund~~Haupthypothesen, der Clausius'schen und der Maxwell'schen ausgeführt habe.



Es ergibt sich in beiden Fällen, mittelst sehr komplicirter Rechnung, auf die ich hier natürlich nicht eingehen kann (publiz. in Wien. Ber.) eine Formel der Art: $\theta - \theta' = k\lambda \frac{d\theta}{dx}$, wo k eine Constante ist, die in den beiden Fällen etwas verschiedene Werte hat. Das heisst, dass die Verlängerung der Temperaturlinie des Gases die Temperaturhorizontale des festen Körpers in der Entfernung $k\lambda = \gamma$, welche ich Temperatursprung-Coeff. genannt habe, schneidet, oder was dasselbe ist, dass die Wärmeleitung so vor sich geht, als ob die feste Wand um die Entfernung γ zurückgeschoben wäre. Das entspricht vollständig der von Kundt und Warburg für die Gleitung aufgestellten Formel $u - u' = \beta \frac{du}{dx}$, wo u die Geschwindigkeit des Gases parallel der Wand und β den Gleitungscoefficienten bedeutet.

Der Wert der Zahlenconstante k ist unter Zugrundelegung der Hypoth. der elast. Kugeln — wobei die Rechnung natürlich mit denselben von Boltzmann gerügten Ungenauigkeiten und Vernachlässigungen behaftet ist, wie die Clausius'sche Berechnung der Wärmeleitung $k = (0{\cdot}72 + \quad)$ wo noch einen Factor bedeutet, der den Wärmeaustausch zwischen der Wand und einem darauf auffallenden Molecül definiert.

Nach der Hypothese Maxwell, welche eine strengere Berechnung gestattet, erhalte ich — wenn hinterdrein der Clausius'sche Wert von λ eingeführt wird, da ja Maxwell kein λ kennt — $k =$



7

Auf die Grösse von k kommt es übrigens gar nicht an. Es genügt, dass 1). es dem λ proportional ist, somit verkehrt proportional dem Druck

2). dass es ungefähr gleich oder grösser ist als λ

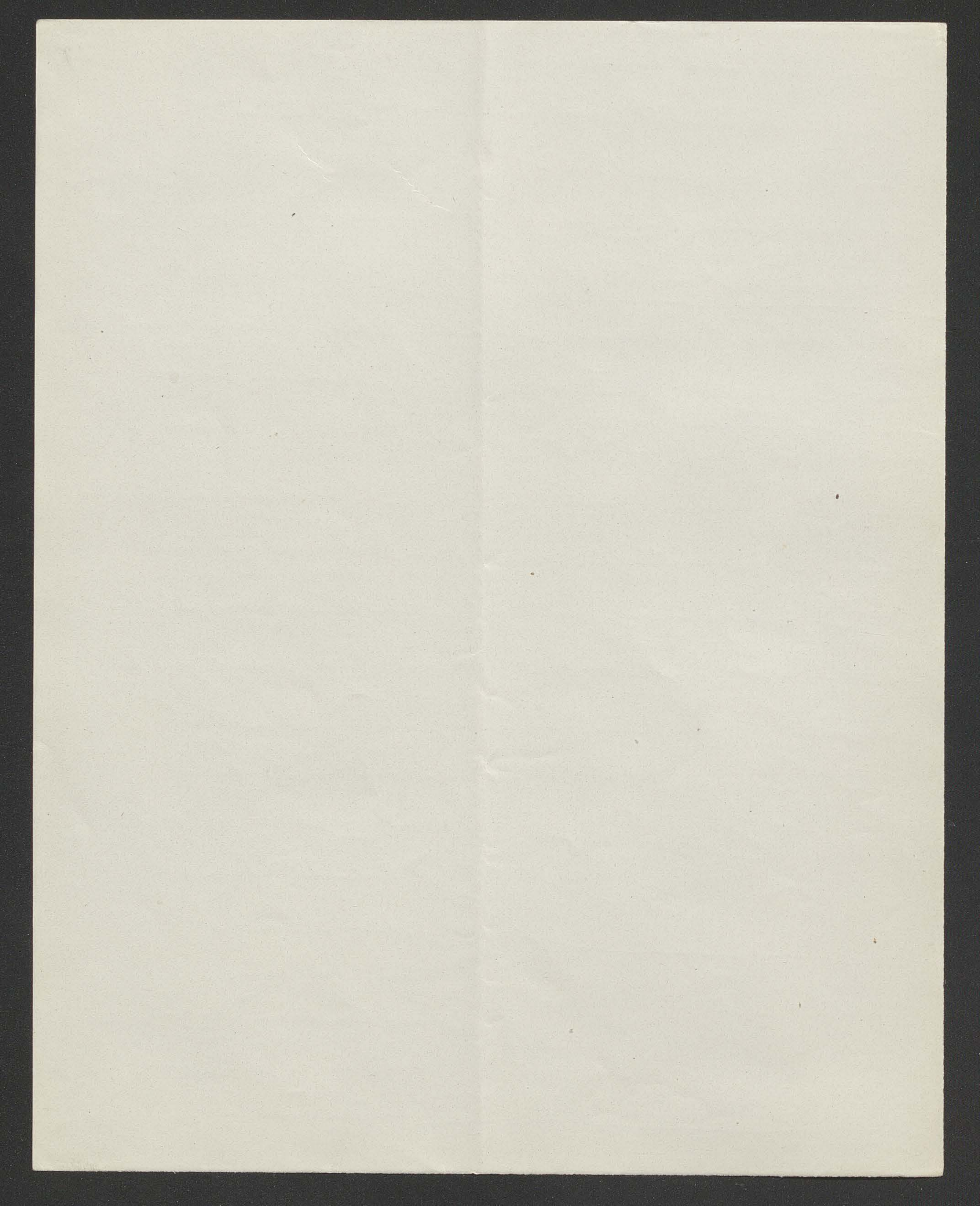
3). dass bei gleichem Drucke der $\Delta\theta$ dem Temperaturgefälle prop. ist,

was sich alles experimentell bestätigen lässt.

Die ersten Versuche, welche eine vollständige Bestätigung dieser Schlüsse ergaben, habe ich im 64 Band von Wied. Ann. publicirt, möchte ~~aber~~ daher nur des Zusammenhanges wegen ~~die~~ Hauptsachen kurz wiederholen.

Die Methode war die gewöhnlich zur Messung der Wärmeleit. von Gasen benutzte Abkühlungsmethode, wobei also ein Thermometer erwärmt und dann innerhalb einer Hülle von bestimmter Temperatur abkühlen gelassen wird. Im allgemeinen geht dabei die Wärmeabgabe infolge dreier ~~At~~ Wirkungen vor sich: Strahlung, Leitung und Convectionsströme.

Es stellen z.B. hier die Ordinaten die reciproken Abkühlungszeiten, d.i. die Abkühlungsgeschwindigkeit vor. Wird nun die Luft in dem Gefässe verdünnt so nimmt der Einfluss der Convectionsströme sehr rasch ab, bis er von einem gewissen Drucke an ganz zu



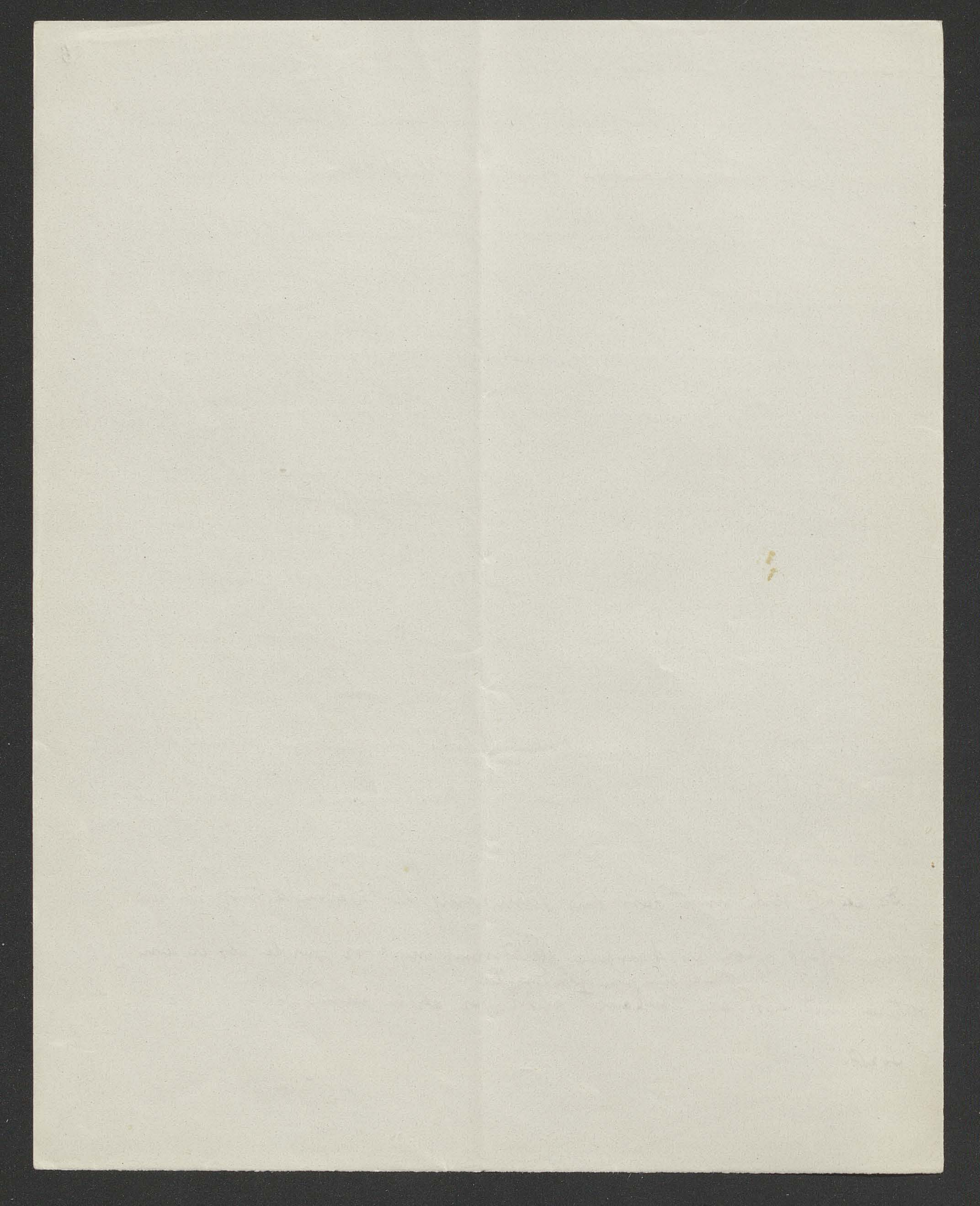
vernachlässigen ist, dort bleibt die Abkühlzeit unabhängig vom Druck, sie ist bloss durch Leitung und Strahlung bedingt, bis bei grösserer Verdünnung wieder eine wachsende Abnahme erfolgt bis zu dem Werte der Strahlung im absoluten Vacuum, und dies war der Theil der hier gerade in Betracht kam.

Ich machte Parallelversuche mit denselben, cylindrischen Thermometer in einem engen Gefäss (2mm Zwischenraum) und in einem weiten Gefässe (17mm).

Der Einfluss der Convectionsströme wegen der gewählten Gestalt des Therm. war in beiden Fällen gering, im engen Gefäss überhaupt nicht bemerkbar (sonst gerade). Die Strahlung wurde sowohl durch bestes Evacuiren, wie auch durch Berechnung aus den beiden Parallelversuchen mit Benutzung der Dimensionen bestimmt, was sehr nahe übereinstimmende Resultate ergab, es bleibt also jetzt die reine Wärmeleitung übrig.

Da zeigte sich nun dass die Verringerung der Wärmeleitung in dem engeren Gefäss schon bei geringerer Verdünnung merkbar wurde als in dem weiteren und dass sie überhaupt – bei einer gewissen[?] derselben – grösser war als in jenem.

So z.B.



Dieser Umstand beweist ohneweiteres dass diese Abnahme der Wärmeleitung nicht von einer (gleichmäßigen) Abnahme des Wärmeleitungscoefficienten herrühren kann, denn dann müssten ja beide Gefäße procentuell dieselben Werte liefern.

Dagegen ~~ergibt sich t~~ folgt ein solches Verhalten thatsächlich aus der Annahme des Temperatursprunges — da ja seine Wirkung mit einer Vergrößerung des Zwischenraumes um 2γ äquivalent ist, was im kleinen Gefäß mehr ausgibt als im großen —. Die genaue Formel welche sich durch Einführen der Grenzbedingung $\vartheta - \vartheta' = \gamma \frac{\partial \vartheta}{\partial n}$ ergibt lautet:

$$L = \frac{2\pi l k}{\log \frac{R}{r} + \gamma\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{r}\right)} \qquad \text{oder umgekehrt: } \gamma = \frac{\log \frac{R}{r}}{\frac{1}{R} + \frac{1}{r}} \left(\frac{L}{L_0} - 1\right)$$

Die nach dieser Formel berechneten γ ergaben sich nun thatsächlich in beiden Gefäßen gleich und außerdem sehr genau dem Drucke verkehrt proportional also der mittl. Weglänge prop.

z.B. im engen Gefäße:

p	760 bis 41mm	4·74	0·90	0·095	0·0086	0
	184*	187·8	202·4	320·0	644·1	788
$\frac{\gamma}{\lambda}$ =	1·69	1·61 (1·64)	1·58	1·59 (1·67)		

Mittel 1·62
im weiten Gefäße 1·78 } $1{\cdot}70\,\lambda = 0{\cdot}0000171 \cdot \frac{760}{p}$ cm

Ähnliche Übereinstimmung für Wasserstoff $\gamma = 6{\cdot}96\,\lambda$

Das Resultat war also eine sehr gute Bestätigung der Theorie.
Was den Betrag [illegible]

Weitere Versuche unternahm ich nun nach einer anderen Methode.

Es wäre nämlich interessant, wenn man den Temp.sp. direkt, mittelst Temperaturmessung des Gases bei stationärer Wärmeströmung zwisch. 2 Platten nachweisen könnte. Vielleicht dürfte dies mittelst optischer Methoden ausführbar sein, wenn man dagegen ein dünnes mit einem Thermoelement verbundenes Metallblech benutzen wollte, um die Temp. des Gases ~~in der Nähe~~ nächst der Oberfläche zu messen, so muss man bedenken dass dann auch an ~~demselben~~ dessen Oberfläche je ein $\Delta\theta$ ~~statt~~ findet. Es wird also nicht die Temp. angezeigt, welche an der betreffenden Stelle im Gase früher geherrscht hat, ~~sondern~~ ~~eine~~ aber immerhin kann man auch diese Methode (in folgender Weise) zur Messung benutzen.) Bis ~~[illegible]~~ normalen Druck — solange $\Delta\theta$ verschwindend klein ist —

wird der Temperaturverlauf linear sein somit

$$\theta_1 = \frac{\delta_1}{\delta_2}\,\theta_2$$

dagegen sobald bei Verdünnung das $\Delta\theta$ auftritt:

$$\theta_1' = \frac{\delta_1 + 2\gamma}{\delta_2 + 4\gamma}\,\theta_2$$

also wird θ_1' erniedrigt $\theta_1' < \theta_1$

woraus man umgekehrt das γ berechnen kann; etwas complicirter wird die ~~[illegible]~~ Berechnung wenn man noch die Strahlung berücksichtigt und braucht man dann noch eine Beobachtg. im Vacuum.

Bei praktischen Ausführung der Versuche benützte ich eine etwas modifizierte Anordnung: an Stelle der beiden Seitenplatten waren ineinandergesteckte Messing-Hohlcylinder (Röhren), die durch fliessendes Wasser von passender Temperatur bespült wurden, und die innere Platte war durch einen Kupferblech-Ring ersetzt, an dem die Drähte eines Thermoelements angelöthet waren. Der Gasraum zwischen den beiden Hohlcylindern ~~wurde~~ war oben und unten durch eingepresste Ebonitringe abgeschlossen. Auf die übrigen Details der Anordnung brauche ich wohl hier nicht näher eingehen [nachdem sich ~~dieselbe~~ als nicht besonders praktisch erwies. Die Schwankungen in den Beobachtungsresultaten waren nämlich viel grösser als bei der früheren Methode, was wie ich mich überzeugte — von der Art der Temperaturmessung mit Thermoelementen herrührte, und ausserdem war es sehr schwer den Apparat genügend dicht zu erhalten. Mit grosser Sorgfalt hätte ich noch diese Fehlerquellen theilweise eliminiren können, das schien mir aber nicht mehr der Mühe wert zu sein, nachdem ich später ohnehin eine viel bessere Methode erfand.] Die Resultate stimmten mit den früheren vollständig überein, insofern als sich genügende Proportionalität mit λ herausstellte und der Wert der Coefficienten, welcher etwas verschieden war je nach dem Luft CO_2 oder H_2 verwendet wurde

und je nachdem die Metallflächen vernickelt oder vergoldet waren, sich von derselben Größenordnung ergab wie früher. Im übrigen waren diese Versuchen keine solche Genauigkeit erreichbar wie früher, und ich werde mir deshalb auch das Aufschreiben weiterer Zahlen ersparen.

Nur eine Modification dieser Versuche will ich noch erwähnen, die als eine Art experimentum crucis besonders interessant ist.

Ich füllte nämlich den Gasraum mit H_2 und schwärzte die ~~äussere~~ Innenfläche des Ringes mit Tusche, während die übrigen Flächen poliert waren. Was wird das für einen Effect haben? Bei normalem Druck wird die Strahlung gegenüber der Wärmeleitg. (in H_2) überhaupt ganz verschwindend klein sein, also das $\theta_1 = \frac{\delta_1}{\delta_2}\theta_2$ herrschen.

θ | θ₁ | p

Sobald nun der Temp. sprung auftritt, hat dies nach dem früher gesagten den Effect die Temp θ_1 der Mitteltemp. zu nähern, also wird θ steigen. Wenn man aber zum größten Vacuum gelangt ist, so ist Wärmeleitg. ganz verschwunden und es wirkt bloß die Strahlg der inneren schwarzen Flächen, infolge dessen θ_1 sehr nahe $=0$ sein wird. Somit muß es dazwischen einen Maximalwerth erreichen.

Wenn dagegen unsere Theorie falsch wäre und in Wirklichkeit der Wärmeleitgs Coefficient k mit dem Druck abnehmen würde, so müsste die Temp von Anfang an successive abnehmen.

Die Versuche ergeben ein auffallendes Maximum was also unsere Theorie wiederum bestätigt.

Nun würde einigermaßen auffallend erscheinen, wenn in den zahlreichen früheren Versuchen von Winkelmann, Grätz u.a. über Wärmeleitung, welche ja größtentheils nach ähnlichen Abkühlungsmethoden angestellt waren wie meine ersten Versuche, sich keine Anzeichen für das Bestehen des Temp.-sprg. hätten auffinden lassen.

Deshalb untersuchte ich die Litteratur in Bezug auf diesen Punkt etwas genauer. Da ergibt sich gleich die beste Übereinstimmung meiner Versuche mit jenen, welche Brush, der spätere Entdecker des fabelhaften Ätheriongases, (fast gleichzeitig mit mir) im Phil. Mag. publicirt hat. Es ist das ein recht umfangreiches Beobachtungsmaterial, über Abkühlungsgeschwindigkeit von Thermometern in Gasen von Atmosph. Druck an bis zum größten Vacuum. Brush selbst hat dasselbe nicht weiter bearbeitet und keinerlei weitere theoretische Schlüsse daraus gezogen. Ich habe aber gezeigt, dass es mit meiner Theorie bestens übereinstimmt, und dass man daraus einen γ von ähnlicher Größe wie die hier gefundenen berechnen kann und dass auch die Proportionalität mit λ gut bewahrheitet.

Dasselbe kann man nun sogar bezüglich der ersten Arbeit von Winkelmanns behaupten (im Jahre 1876), wo eine Versuchs-

für Luft
reihe bis zu grösster Verdünnung fortgesetzt wurde:

~~Abk.~~ Druck	750	91.9*	4.7	3.0	1.92 mm
Abk.geschw.	294	290	258	245	216

Die Dicke des Zwischenraumes zwischen den dabei benützten concentrischen Messingcylindern war 0.314 cm, woraus nach der früher erwähnten Formel sich das γ berechnet zu

0.0195 0.0288 0.0538 cm

und das Product γp
welches constant bleiben soll: 0.092 0.086 0.100

woraus im Mittel fast derselbe Wert $\gamma = 0.0000122 \frac{760}{p}$ folgt, den ich (für Glas und für Nickel) gefunden habe.

Bei den Versuchen von Kundt u. Warburg und von Graetz lässt sich diese Erscheinung nicht mehr sogut quantitativ verfolgen, da sie viel weitere Gefässe benützten und dabei jenes Phänomen erst bei grösseren Verdünnungen bemerkbar wird, welche nicht mehr gemessen wurden.

Dagegen sind die Schleiermacher'schen Versuche für uns von besonderem Interesse. Aus der Formel Z = ..
ergibt sich nämlich, dass der Einfluss von γ desto grösser wird je kleiner das r, ~~wird~~ ist; er muss also besonders hervortreten, wenn z.B. statt des Thermometers ein dünner Draht verwendet wird, wie das bei der von Schl. angewendeten Methode des galvanischen Glühens von Drähten der Fall ist.

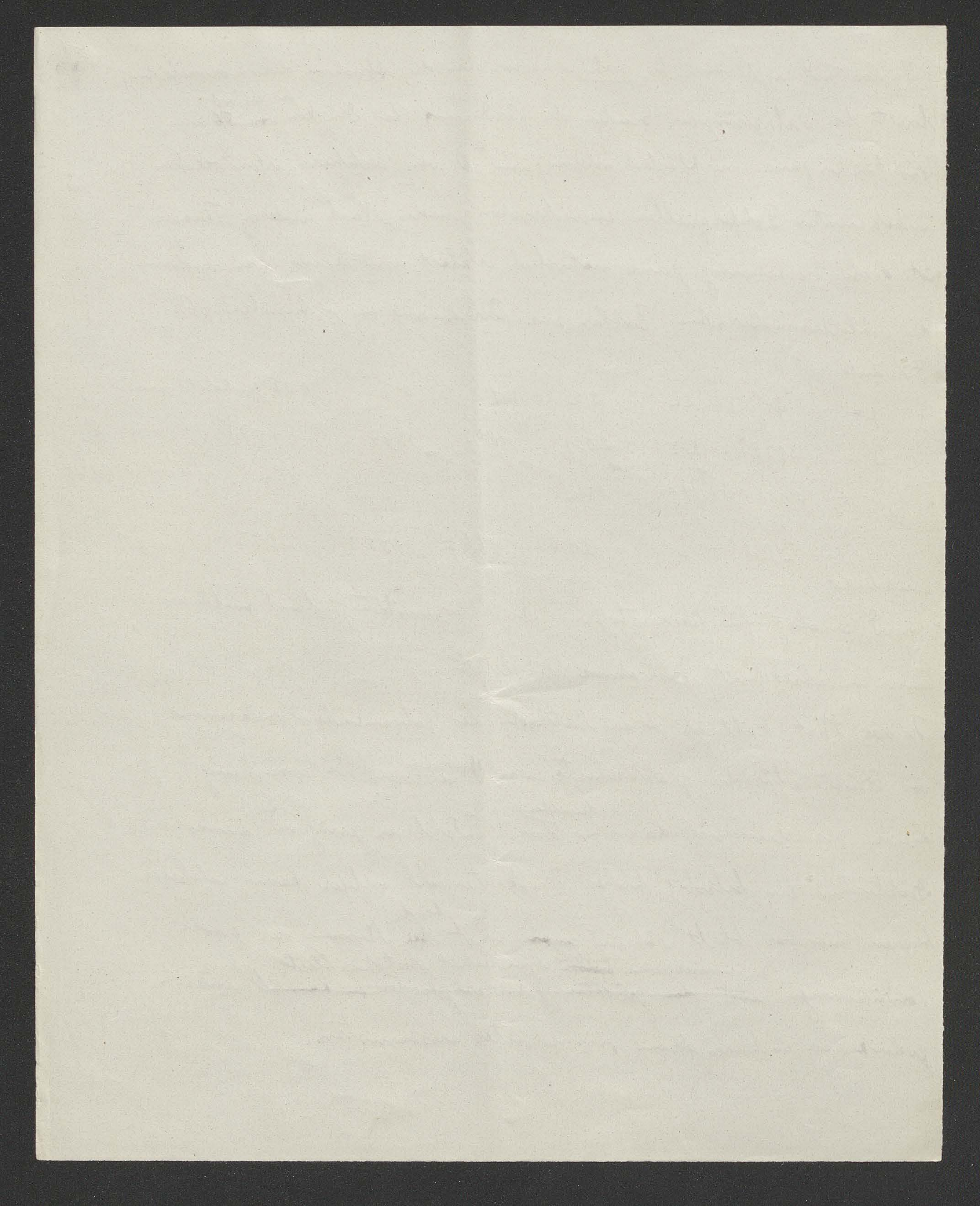
In der That zeigte sich bei Sch.'s Versuchen die Abnahme der Wärmeleitung bereits bei viel geringeren Graden der Verdünnung, bei Drucken ~~von~~ bis zu 40 mm, was früher ganz unerklärlich schien und z.B. von Eichhorn irgendwelchen unbekannten Fehlerquellen zugeschrieben wurde. Nach unserer Theorie ist diese Erscheinung ganz natürlich erklärt, und kann man wiederum die Schleiermacher'schen Zahlen zur Berechnung von γ benützen. z.B.

Für Luft

p =	91^{x}	22	5·2	1·2	0·3	(0·07 geschätzt) mm	
L =	2138^{x}	2121	2071	1867	1344	(497)	
$p\gamma$ =	0·0125	119	124	125		164	Mittel 0·0123
(L) zurückberechnet =	2138^{x}	2121	2060	1867	1353	(613)	

und analog für Wasserstoff. Die Übereinstimmung lässt nichts zu wünschen übrig (mit Ausnahme der letzten ...

In der That halte ich diese Methode des galvanischen Erwärmens von Drähten für die praktischeste zur ~~B~~ weiteren Untersuchung dieser Erscheinungen, da man dieselben durch Wahl von genügend dünnen Drähten in ein beliebig hohes Druckintervall verlegen kann, welches bequem messbar bleibt, während ~~man~~ sonst ~~die~~ bei der Messung der großen Verdünnungen ~~mit den größten Schwierigkeiten zu kämpfen~~ immer eine ~~große~~ erhebliche Unsicherheit bestehen bleibt. und ich gedenke sie auch in diesem Sinne weiter auszunützen.



Diese Untersuchungen sind nämlich natürlich noch lange nicht abgeschlossen. Vor allem ist z.B. zu bemerken, dass die hier abgeleiteten Sätze das Temp.sprg. ihre Giltigkeit verlieren dürften wenn die Verdünnung soweit fortgeschritten ist, dass die mittlere Weglänge ~~λ~~ von ähnlicher Grösse wird, wie die Gefässdimensionen. Dann werden recht complicirte Erscheinungen auftreten und einfach wird die Sache erst dann wieder wenn die Verdünnung schon so gross ist, dass man die Gefässdimensionen als klein gegenüber λ betrachten kann. Dann finden nämlich fast gar keine Zusammenstösse der Molecüle untereinander, sondern nur Reflexionen von den Wänden statt. Wie man leicht einsieht wird dann die Wärmeübertragung zwischen parallelen Platten von deren Distanz überhaupt unabhängig; sie kann aber bei Annäherung der Platten ein gewisses Maximum nicht überschreiten. ~~und~~ ~~es~~ derselbe wird nur vom Drucke abhängen und zwar demselben proportional sein. Experimentell nachgewiesen sind diese letzteren Phänomene, welche nothwendig aus der kin. Gastheorie folgen noch nicht und (Der experimentelle Nachweis wird allerdings mit Rücksicht auf die erforderlichen grossen Verdünnungen nicht leicht zu erbringen sein.

Als Beispiel mit welchen Schwierigkeiten man da zu kämpfen hat und ~~in~~ was für Fehlschlüsse man gerathen kann, möchte ich ~~[illegible]~~ zum Schlusse noch mit einigen Worten die sensationelle Entdeckung ~~Brush's~~ seitens Brush des Etheriongases erwähnen.

Schliesslich wären da auch noch die Druckverhältnisse in Betracht zu ziehen, welche z.B. bei Erklärung der Radiometerbewegung gewiss in Betracht kommen werden.

Es müssten dann überhaupt sehr eigenthümliche Verhältnisse auftreten: so wird die Temperatur des Gases im ganzen Raume gleich sein und zwar gleich dem ~~Mitteltemperatur~~ Mittel der beiden Wandtemperaturen; das nämlich wenn man die übliche Definition von Temperatur beibehält, und ~~es~~ dies würde auch z.B. die Angabe eines eingetauchten Thermometers sein. Dagegen wird die Temp. (oder vielleicht besser richtiger: die Wärmebewegung) eigenthümliche Polarisationserscheinungen aufweisen: wenn man z.B. ein Thermometer mit einer ganz kleinen Kugel eintaucht die auf der einen z.B. der kälteren Seite ~~durch~~ mit einem recht schlecht wärmeleitenden Stoff ~~bedeckt~~ überzogen ist, so wird dieses Thermometer überall die Temp. der wärmeren Platte angeben, da nur die von jener herkommenden Moleküle zur Geltung kommen, (~~[illegible]~~ gewöhnliches Thermom. überall, auch vor jenem nur die Mitteltemp. anzeigt u.s.w.). Es wird also die Wärmebewegung Erscheinungen hervorrufen, welche der Strahlung vollständig ähnlich sind.

Betrachten wir die Curven in welchen Brush die Abhängigkeit der ~~Wärmeleitung~~ (richtigen Abkühlungszeit) vom Drucke dargestellt hat und zwar jene welche sich auf ~~die~~ die grössten Verdünnungen beziehen ~~und zwar~~ in vergrössertem Maßstabe ~~so dass~~ so sehen wir dass ~~wieder~~ dieselben zum Schlusse fast linear verlaufen, was ja ~~damit~~ dem theoretischen Resultat übereinstimmen würde ~~was ich~~ welches ich eben vorhin erwähnte.

.P .P'

0·001 0·01

Also bei 0·001 mm z.B. wird die Wärmeleitung schon äusserst gering sein.

Da fand nun Brush unter gewissen Umständen bei ~~diesen~~ solchen scheinbar niedrigen Drucken eine ~~ganz~~ verhältnismässig enorm vermehrte Leitungsfähigkeit welche z.B. dem Punkte P entsprechen würde, und zwar fand dies statt insbesondere wenn er eine Stelle der Glaswand des Gefässes oder noch besser Glaspulver, das im Gefäss eingeschlossen war, stark erhitzte, und er interpretierte ~~seine~~ diese Beobachtung dahin, dass durch das Erhitzen ein Gas von enormer Wärmeleitungsfähigkeit, das Ätherion, entwickelt werde, welches in der Kälte und bei höheren Drucke wieder vom Glase und überhaupt allen Körpern allmählig wieder absorbirt werde.

Nun ~~glaube ich, dass~~ dürfte die ganze Sache sich aber viel leichter durch ein Versehen bei der Druckbestimmung erklären lassen. Es ist nämlich seit Langem bekannt, von Crookes, Warburg & Ihmori etc. nachgewiesen dass Glas mit grosser Zähigkeit Spuren von Wasser behält, welche beim Erhitzen im Vacuum freigegeben werden. Also entwickelte sich gewiss was Brush gar nicht berücksichtigt hat

Wasserdampf bei Brush's Versuchen. ~~Dieser wird aber~~ Diesen Partialdruck wird aber durch das Macleod Manometer, das Brush benützte, nicht angezeigt, da er sich beim Comprimiren condensirt. Somit glaubte Brush z.B. ~~mit~~ einem Drucke von 0·001 mm zu haben, in Wirklichkeit konnte derselbe aber vielleicht außerdem noch 0·02 mm Wasserdampf ~~enthalten~~ haben, dann ist die Beobachtg. also nicht durch Punkt P sondern P' darzustellen und bietet nichts Außergewöhnliches dar.

Und was am Meisten dafür spricht, dass Etherion nur Wasserdampf ist, welche Meinung übrigens auch Crookes und Dorn ausgesprochen haben, ist der Umstand, dass die Versuche nur dann gut gelangen, wenn alle Trockenmittel wie P_2O_5, $CaCl_2$ etc. entfernt waren, da dieselben das Etherion begierig absorbirten.

Auf die weiteren Speculationen Brush's über die Natur dieses Gases einzugehen dürfte wohl demnach auch überflüssig sein, umsomehr als sie wirklich etwas allzu phantastisch sind, so z.B. nimmt Brush ~~[illegible]~~ an, dass der Wärmeleitungs Coefficient 100 mal so groß ist wie bei Wasserstoff, dass seine Dichte $\frac{1}{100}$ jener von H_2 sei, die Moleculargeschw. aber 10000 mal so groß wie jene von H_2, und alles dies nur auf Grund jener Wärmeleitungsversuche, welche ~~[illegible]~~ sich wohl viel einfacher in der obigen Weise erklären lassen. [illegible]

[illegible]

